

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-266031

(43)公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 31/042

識別記号

F I

H 0 1 L 31/04

R

審査請求 有 請求項の数7 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-68393

(22)出願日 平成10年(1998) 3月18日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 上松 強志

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 宮村 芳徳

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 藤迫 光紀

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

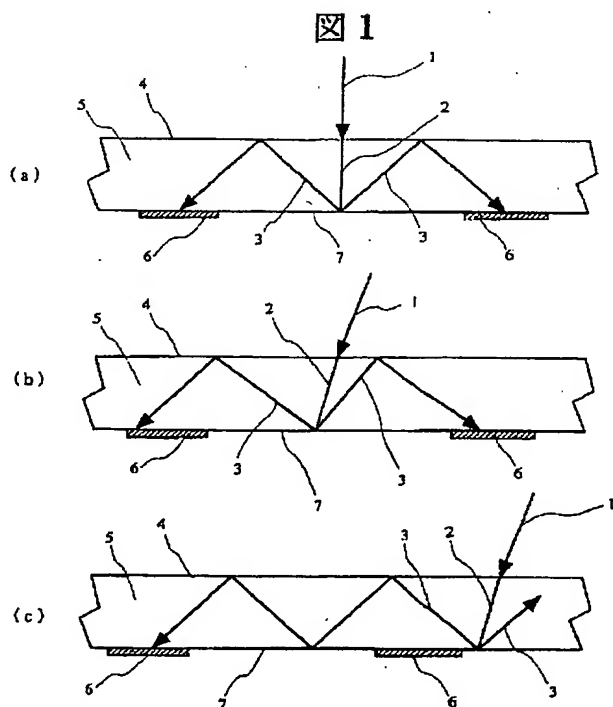
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回折面を持つ集光型太陽光発電装置及び集光型太陽光発電モジュール

(57)【要約】

【課題】 集光型太陽光発電装置において、集光倍率を大きくし、かつ、高い光利用効率を得る。

【解決手段】 受光面と、回折面と、この受光面と回折面とで挟まれた空間を充填する媒体と、少なくともその表面の一部が前記媒体に接する受光装置を有し、前記記媒体の屈折率が前記受光面の外部の屈折率より大きい集光型太陽光発電装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 受光面と、回折面と、この受光面と回折面とで挟まれた空間を充填する媒体と、少なくともその表面の一部が前記媒体に接する受光装置を有し、前記媒体の屈折率が前記受光面の外部の屈折率より大きいことを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項2】 請求項1に記載の集光型太陽光発電装置において、前記回折面が反射回折面であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項3】 請求項2に記載の集光型太陽光発電装置において、前記反射回折面がブレード回折面であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項4】 請求項3に記載の集光型太陽光発電装置において、前記ブレード回折面が排対称なブレード角を持つことを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項5】 請求項4に記載の集光型太陽光発電装置において、前記ブレード回折面が回折面の左右に対称に配置された構造であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項6】 請求項1乃至5に記載の集光型太陽光発電装置の複数個をモジュール化したことを特徴とする集光型太陽光発電モジュール。

【請求項7】 請求項6に記載の集光型太陽光発電モジュールにおいて、前記媒体は前記複数個の集光型太陽光発電装置間で連続していることを特徴とする集光型太陽光発電モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回折面を持つ集光型太陽光発電装置及び集光型太陽光発電モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】受光面と、正反射面及びこの受光面と正反射面とで囲まれた空間内に少なくともその一部が位置するように設置された受光装置と、前記空間を充填している媒体を有する集光装置の構造としては、例えば、「ニューファミリー オブ 2-D ノンイメージング コンセントレーターズ ザ コンパウンド トリランギュラー コンセントレーター (New family 2-D nonimaging concentrators the compound triangular concentrator)」、アプライド オプティクス (APPLIED OPTICS)、Vol. 24, No. 22 (1985)、3872～3876頁に開示されている。このような従来構造では、図21(a)に示すように、入射光1が集光装置の受光面4に入射し、入射光2に垂直な正反射面32で反射すると、媒体5の屈折率に拘わらず反射光3は入射光2と同じ光路を逆向きに通って受光面4から外部へ出てしまう。

【0003】これをさけるために、例えば、図21(b)に示すように正反射面32を受光面4に対して傾

けて、集光装置に入射した光2が正反射面32で反射され、再び受光面4に入射する時の入射角33を大きくする。このような構造では、媒体5の屈折率を受光面4の外部の屈折率より大きくすることにより、受光面で全反射させることができる。このように傾斜面での正反射及び受光面での全反射を利用して入射光を集光装置の内部に閉じ込めて最終的に受光装置6に入射させることができる。しかし、図21(c)のように、入射光1の入射角度によっては反射光の受光面4への入射角33を十分に大きくすることができずに集光装置外部に光が逃げてしまう。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記従来技術では、正反射面を用いているため、受光装置の受光面の面積に対する集光装置の入射面の面積の比、すなわち、受光装置の受光面の面積をAとし、集光装置の入射面の面積Bとすると、 B/A は集光倍率となる。この集光倍率を大きくした場合に光利用効率を高めることが困難である。

【0005】本発明の目的は、集光型太陽光発電装置の巨視的な構造を簡便化することが可能な技術を提供することにある。

【0006】本発明の他の目的は、集光型太陽光発電装置の光利用効率を高く保ったまま集光倍率を高めることが可能な技術を提供することにある。

【0007】本発明の前記ならびにその他の目的及び新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかになるであろう。

【0008】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0009】(1) 受光面と、回折面と、この受光面と回折面とで挟まれた空間を充填する媒体と、少なくともその表面の一部が前記媒体に接する受光装置を有し、前記媒体の屈折率が前記受光面の外部の屈折率より大きい集光型太陽光発電装置である。

【0010】(2) 前記回折面が反射回折面である。

【0011】(3) 前記反射回折面がブレード回折面である。

【0012】(4) 前記ブレード回折面が排対称なブレード角を持つ。

【0013】(5) 前記ブレード回折面が回折面の左右に対称に配置された構造である。

【0014】(6) 前記集光型太陽光発電装置の複数個をモジュール化した集光型太陽光発電モジュールである。

【0015】(7) 前記集光型太陽光発電モジュールにおいて、前記媒体は前記複数個の集光型太陽光発電装置間で連続している。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態（実施例）を図面を参照して詳細に説明する。

【0017】本発明の実施の形態は、受光面と、回折面と、この受光面と回折面とで挟まれた空間を充填する媒体と、少なくともその表面の一部が前記媒体に接する受光装置を有し、前記媒体の屈折率を前記受光面の外部の屈折率より大きい集光型太陽光発電装置を構成したものである。前記受光装置としては、太陽光を電力に変換する太陽電池を用いる。

【0018】図1は本発明の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【0019】本実施形態の集光型太陽光発電装置は、図1(a)に示す断面を持つ構造のように、回折面7を用いた集光装置においては、回折面に入射した光2は面の正反射方向（0次光方向）のみに反射するのではなく、回折面7の微視的構造と入射光1の波長に応じてその1次、-1次、2次、-2次等の方向に反射する。よって、回折面7に垂直に入射する場合でも、反射光3は全てが入射光2と同じ光路を通るのではなく回折面7の0次、1次、-1次、2次、-2次等のそれぞれの方向に分かれて反射される。よって、適切な回折面7を設計することにより反射光3が受光面4で内側に全反射し集光装置内に効率よく取り込むことができる。

【0020】同様に、図1(b)に示すように、受光面4に斜めに光1が入射する場合も、反射光3が受光面4で全反射するように設計することができる。また、図1(c)のように、全反射した光がすぐに受光装置6に入射しなくても、再び受光面4で内側に全反射し集光装置内に光を閉じ込めることができる。

【0021】前記説明では、入射光2が回折した場合のそれぞれの次数の光のエネルギー分布について言及しなかったが、微視的に見た回折面表面の形状が図2(b)に示すような場合は、巨視的に見た回折面7に対する正反射方向に近い方向を持つ次数の光の成分が大きくなる。よって、受光面4と回折面7を平行に配した場合は正反射方向に反射される光成分が大きく、これを防ぐためには、例えば、微視的な回折面表面形状の断面形状が図2(c)に示す対称な形状や図2(d)に示す非対称な形状の三角波状になったブレースド回折面が有効である。

【0022】当然ながら、これらの回折面7は巨視的には平面や曲面形状であり、取り扱う光の波長の長さ程度の微視的な範囲で、繰り返しピッチ9を持つ周期的な三角形状の格子溝を持つ。また、回折効率を高く保つためにはせいぜい10次以下の回折光を用いる必要がある。よって、回折面の繰り返しピッチ9は媒体中の光の波長の10倍程度以下である必要がある。また、望ましくは3次以下の回折光を用いる必要がある。

【0023】集光装置の構成としては、図3(a)に示すように、直方体断面を持つ平板状の受光装置6が受光

面4と回折面7の間に設置され、回折面7と受光面4で囲まれた空間は媒体5で満たされた構造や、図3(b)に示すように、円状断面を持つ円筒状や球状の受光装置6が受光面4と回折面7の間に設置された構造などがある。

【0024】図4(a)は反射曲面13をもつ例を示す。この場合は、直方体断面を持つ受光装置6は、受光面と平行に受光面側に設置されている。回折面7で反射された光は、直接または反射曲面13に反射されて受光装置6に入射する。このような形状では、反射曲面13は正反射面でよいが、回折面であれば更に有効に集光することができる。また、図4(b)に示すように、回折面7を受光面4に対して斜めに設置することにより集光効率を高めることができる。

【0025】図5(a)は平坦な受光面4の下方に斜面状の回折面7を配し、その回折面の格子溝の方向14を傾斜方向と直角な方向に形成した構造を示す。この構造では回折面7の表面8が微視的に図5(c)に示すような断面を持つ。図5(b)には平坦な回折面7の上方に斜面状の受光面4を配した構造を示す。このように2次元的な構造の集光装置で高い集光効率を得ることができる。

【0026】また、図6(a)、(b)に示すように、斜面に沿った方向に回折溝を形成することにより、受光面4と斜面7により構成されるプリズム構造による集光効果と、回折による集光効果を合わせ持つ構造にすることができる。この構造では回折面7の表面8が微視的に図6(c)に示すような断面を持つ。

【0027】図5、図6に示すこれらの構造においては受光装置6の形状として板状のものを示したが、図7に示すような円筒状やさらには球、直方体などの形状でもよい。また、これらの表面に凹凸などの2次的な構造があってもかまわないことはいうまでもない。

【0028】回折面の微視的な構造を図8に示す。この図8の構造のように、左右対称な構成になっている場合は、中心から右側15に入射した光は右側の受光装置6に、中心から左側16に入射した光は左側の受光装置6に入射することにより集光効率を高めることができる。このためには、回折面表面8の微視的な形状を図8のように個々の非対称な三角形状を左右で対称に配置した形状とすることが望ましい。

【0029】また、図9に示すような構造においても、回折面表面8の微視的な形状を装置の中央から右側と左側で変えて構成することが望ましい。

【0030】また、図10(a)に示すように、回折溝が斜面に沿った方向に形成されている場合は、図10(b)((a)のA-A'断面形状)に示すように、装置中央の左右で回折溝の微視的な断面形状を変えて回折光をより有効に受光装置6に導くブレース角とすることが望ましい。

【0031】図11に回折面7が波状をした構造を示す。この場合は回折面7の斜面に沿った方向に回折溝14がある構造が望ましい。また、受光装置6は図11(a)のように回折面7の波形状に沿った方向に設置されていても、図11(b)のように、直角な方向に設置されていてもよい。また、これらの間の方向に設置されていてもよい。

【0032】図12(a)、(b)に受光面4の断面が曲線状になっている構造を示す。このように、集光装置の受光面4は必ずしも平面である必要はない。また、回折面7が図12(c)、(d)のような断面形状を持っていたとしてもよい。これらの構造を紙面前後方向に伸ばした2次元構造や、回転軸30の回りに回転した構造を持つ集光装置も考えられる。これらにおいては、回折溝の方向14は回折面7の断面に沿った方向や円周方向に沿った方向などが考えられる。

【0033】図13(a)、(b)は、回折面を上から眺めた場合に、回折溝が2次元的に配置されている例を示す。このように配置することにより受光装置6の側面のみでなく、その回りから受光装置に向かって光を集めることができるため集光倍率を高めることができる。また、図14に示すように、複数の集光装置をモジュール化することにより、大面積の集光モジュールを形成することができる。また、図15に示すように、異なる方向に伸びる回折溝14を組み合わせた2次元回折格子を用いることにより受光装置6の回りに入射した光を2次元的に有効に集めることができる。

【0034】図16は回折面の断面構造を示す。最も単純には、図16(a)に示すように、媒体5の回折面側に所望の微視的な凹凸を持ち、この表面に金属などからなる反射材料層17を持つ構造がある。

【0035】また、図16(b)のように反射材料層17の裏面に裏面保護層18を持つ構造や、図16(c)のように、反射材料層17と媒体5の回折面側の間に所望の中間層19を設けた構造がある。この中間層19は、反射材料層17を媒体5に接着させるための接着剤や、反射材料層17の保護材、さらに、反射材料層17の反射率を高めるために所望の屈折率を持った中間層であってもよい。

【0036】図16(d)は媒体5の裏面が微視的に平坦で中間層19も媒体5側で平坦である場合を示す。さらに、図16(e)には中間層19と媒体5の間に接着層20を持つ構造を示す。さらに、これらの構造に各層を接着するための接着材の層や保護材の層などが適時追加された構造においても、前記と同様の集光効果が得られることは言うまでもない。

【0037】図3(a)に示した構造においては、受光装置6が集光装置内に設置されているため実際に作製する場合に受光装置16を集光装置内に設置するための手順が複雑になることが考えられる。これは、例えば、図

17(a)に示すように、受光装置が集光装置表面に設置された構造を用いることにより回避することができる。この場合は、受光装置6の表面に光を導くための第2の正反射鏡35が必要である。また、受光装置6が設置されていない端面には第1の正反射面を置くことが望ましい。また、これらの正反射面のかわりに回折面を用いることにより受光装置に入射する光の入射角度を揃えることができるため、受光装置での光の補足率が更に上昇する。

【0038】(実施例1)図18は本発明の実施例1の集光型太陽光発電装置及び集光型太陽光発電モジュールの概略構成を示す図である。本実施例1の集光型太陽光発電装置は、図18に示すように、太陽光を円筒状の受光装置に集めて発電することを目的として設計した。

【0039】まず、集光装置としては図18(a)に示す構造を用いた。回折面7は図16(d)に示すようなアルミの反射材17をプラスチックからなる表面保護材19及び裏面保護材18ではさんだ構造のシートを媒体5の裏面に接着することにより形成した。媒体5にはプラスチックを用いた。

【0040】プラスチックの屈折率は約1.5であるので、入射光が回折面で反射して再び受光面に入射するときの入射角が $\arcsin(1/1.5) = 41.8$ 度以下になる必要がある。このためには回折面のブレイズ角をこれ以上にすることが望ましいため、本実施例1ではブレイズ角を45度とした。

【0041】太陽光線は波長が約300nmの紫外光から数 μm の遠赤外光まで幅広い波長を持つ。この光を回折によって有効に集光するためには、回折角を大きくすることが困難な短波長光について十分な回折角がとれるように設計する必要がある。媒体5の屈折率は約1.5であるので、媒体内の光の波長は空気中の波長の1.5分の1になる。

【0042】太陽光線の最短波長は約400nmであるので、最短波長に関しては2次回折光を用いることとし、回折面7の微視的な凹凸の繰り返しピッチをプラスチック中の波長 $400\text{nm}/1.5$ の2倍の533nmとした。

【0043】このような受光装置が複数個連なった集光装置の周囲にアルミ製のフレーム21を形成し、更に裏面にプラスチック製の支持体12を配した。この構造により、従来のような段差の大きい斜面を用いた集光装置に比べて構造が簡便で集光効率の高い集光モジュールを形成することができた。

【0044】(実施例2)図19は本発明の実施例2の集光型太陽光発電装置及び集光型太陽光発電モジュールの概略構成を示す図である。

【0045】本実施例2の集光型太陽光発電装置は、太陽光を板状の結晶シリコン半導体を用いた太陽電池からなる受光装置6に集めて、電力を取り出すことを目的と

して設計した。

【0046】まず、集光装置としては、図19(a)に示す構造を用いた。太陽電池からなる受光装置6で発電した電力は、受光装置6に連続した部分31に設けられた電極から外部に取り出した。媒体5にはガラスを用いた。媒体5の屈折率は約1.5である。太陽光線の最短波長は約400nmであるので、最短波長に関しては3次回折光を用いることとし、回折面7の微視的な凹凸の繰り返しピッチをガラス中の波長400nm/1.5の3倍の800nmとした。

【0047】このような受光装置を図19(b)のように複数個連続して配置し、周囲にアルミ製のフレーム21を形成し、更に表面カバーガラス22を置いた。受光装置6で発生した電力は、回折面外部に位置する受光装置に連続した部分31上に設けられた第1の電極24と第2の電極25を通して第1の配線26と第2の配線27から取り出せる構造とした。

【0048】さらに、裏面にはプラスチックからなる裏面保護を兼ねた支持体12および電極部の保護材28を設けた。この構造により、巨視的な構造がシンプルで、かつ、集光効率の高い集光モジュールを形成することができた。太陽電池としては半導体装置を用いたものや光化学反応を用いたものなどがあるが、本発明の効果は太陽電池の種類によらないことはいうまでもない。

【0049】(実施例3) 図20は本発明の実施例3の集光型太陽光発電装置及び集光型太陽光発電モジュールの概略構成を示す図である。

【0050】本発明の実施例3の集光型太陽光発電装置は、太陽光を板状の結晶シリコン半導体を用いた太陽電池からなる受光装置6に集めて、電力を取り出すことを目的として設計した。まず、集光装置としては図20(a)に示す構造を用いた。太陽電池で発生した電力は、受光装置6の裏面に設けられた電極から外部に取り出した。媒体5にはガラスを用いた。媒体5の屈折率は約1.5である。太陽光線の最短波長は約400nmであるので、最短波長に関しては2次回折光を用いることとし、回折面7の微視的な凹凸の繰り返しピッチをガラス中の波長400nm/1.5の2倍の533nmとした。

【0051】このような受光装置6を図20(b)のように複数個連続して配置し、周囲にアルミ製のフレーム21を形成した。受光装置6で発生した電力は、受光装置裏面に設けられた第1の電極24と第2の電極25を通して第1の配線26と第2の配線27から取り出せる構造とした。さらに、裏面にはプラスチックからなる保護材28を設けた。このモジュールにおいては両面反射板を用いて第1の反射面34と第2の反射面35を1つの反射板で形成した。この構造により、巨視的な構造がシンプルで、かつ、集光効率の高い集光モジュールを形成することができた。太陽電池としては半導体装置を用

いたものや光化学反応を用いたものなどがあるが、本発明の効果は、太陽電池の種類によらないことはいうまでもない。

【0052】これまでに説明した回折面表面の微視的な構造は、図示した形状と完全に一致する必要はなく、回折に影響を与えない程度の凹凸を持っていたりしてもよい。また、実際にこれらの面を作製する場合には、工作精度の制限により形状が崩れることがあるが、これらの崩れが光の回折を妨げない程度であれば本発明の効果は得られることはいうまでもない。また、これらの回折面は、例えば型押し法でレプリカを作製することにより簡便に作成することができる。

【0053】以上、本発明を実施形態(実施例)に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施形態(実施例)に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更し得ることはいうまでもない。

【0054】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果は以下のとおりである。

【0055】(1) 集光型太陽光発電装置の巨視的な構造を簡便化することができる。

【0056】(2) 集光型太陽光発電装置の光利用効率を高く保ったまま集光倍率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図2】本実施形態の集光型太陽光発電装置の微視的に見た回折面表面の形状を示す図である。

【図3】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図4】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図5】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図6】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図7】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図8】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図9】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図10】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図11】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図12】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図13】本発明の実施形態の集光型太陽光発電装置の回折面を上から眺めた場合の概略構成を示す図である。

【図14】本発明の実施形態の集光型太陽光発電モジュールの回折面を上から眺めた場合の概略構成を示す図である。

【図15】本発明の別の実施形態の集光型太陽光発電装置の回折面を上から眺めた場合の概略構成を示す図である。

【図16】本発明の実施形態の集光型太陽光発電装置の回折面の断面構造を示す図である。

【図17】本発明の別の集光型太陽光発電装置の概略構成を示す図である。

【図18】本発明の実施例1の集光型太陽光発電装置及び集光型太陽光発電モジュールの概略構成を示す図である。

【図19】本発明の実施例2の集光型太陽光発電装置及び集光型太陽光発電モジュールの概略構成を示す図である。

【図20】本発明の実施例3の集光型太陽光発電装置及

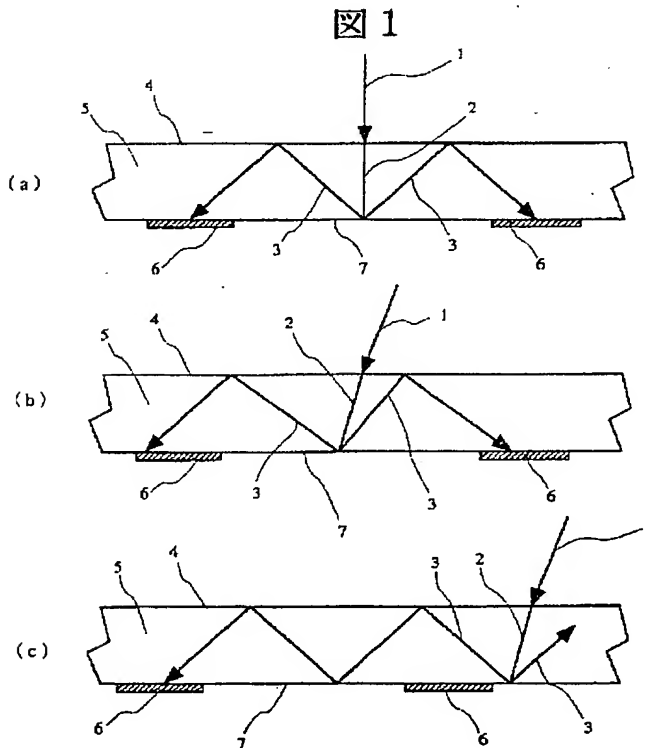
び集光型太陽光発電モジュールの概略構成を示す図である。

【図21】従来の集光装置の概略構成を示す図である。

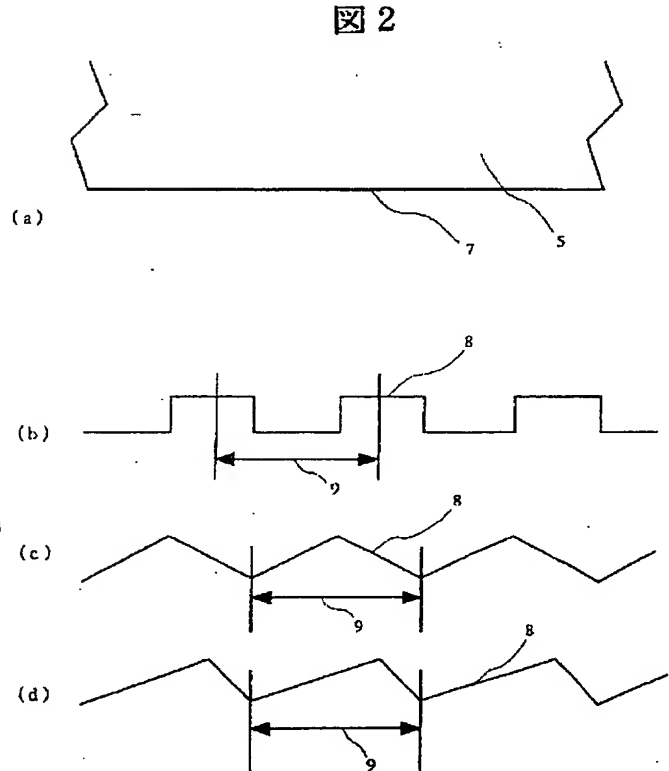
【符号の説明】

1…入射光、2…集光装置に入射した光、3…反射光、4…受光面、5…媒体、6…受光装置、7…回折面、8…微視的に見た回折面表面、9…回折溝ピッチ、10…断熱層、11…カバー、12…支持体、13…反射曲面、14…回折溝方向、15…右側、16…左側、17…反射材料層、18…裏面保護層、19…表面層、20…接着層、21…フレーム、22…カバーガラス、23…断熱板、24…第1の電極、25…第2の電極、26…第1の配線、27…第2の配線、28…保護材、29…回転方向、30…回転軸、31…回折面外部に位置する受光装置に連続した部分、32…正反射面、33…入射角、34…第1の反射面、35…第2の反射面、36…出射面から外へ出た光、37…出射面。

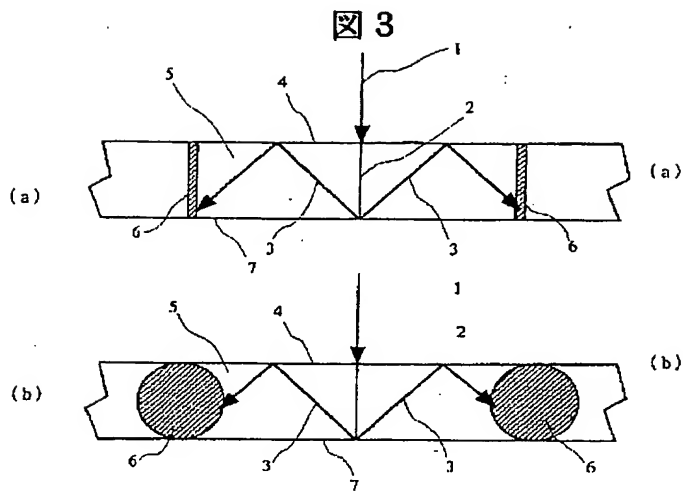
【図1】



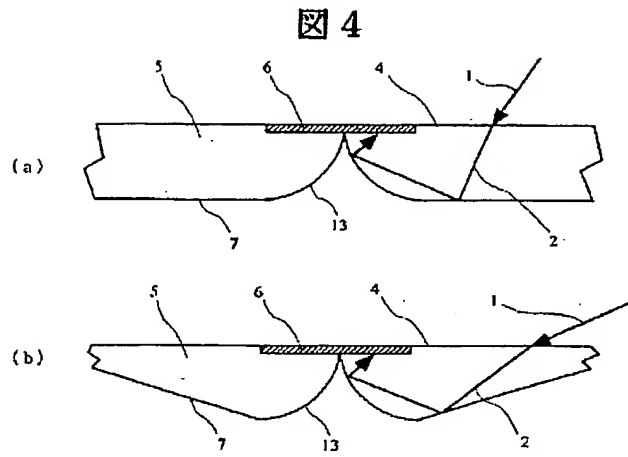
【図2】



【図3】

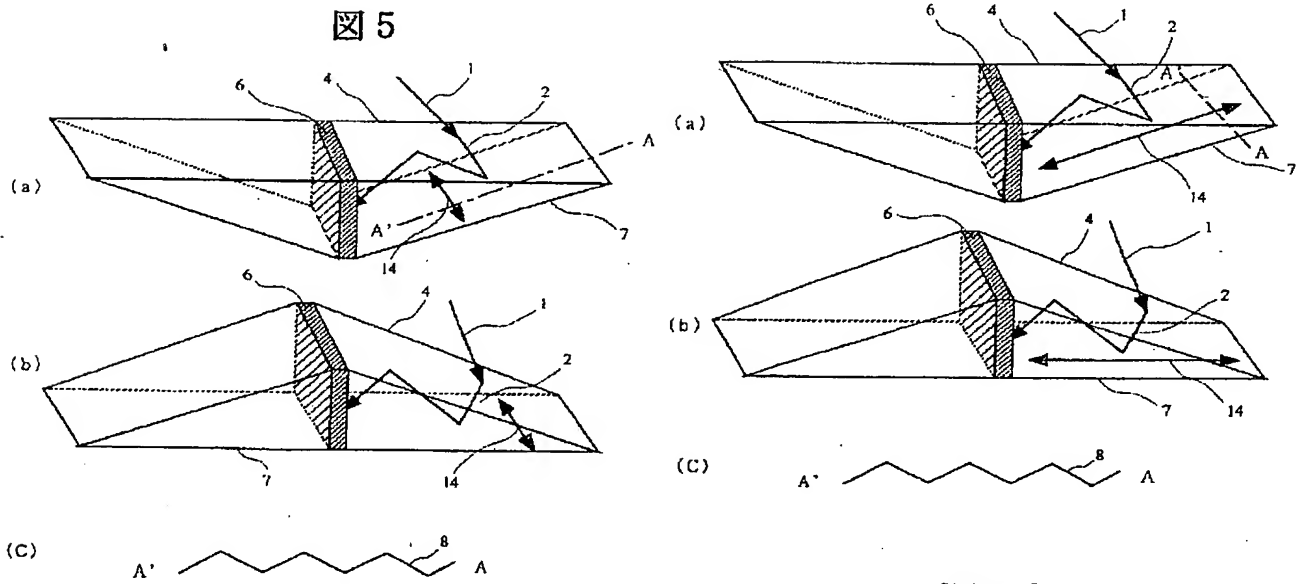


【図4】



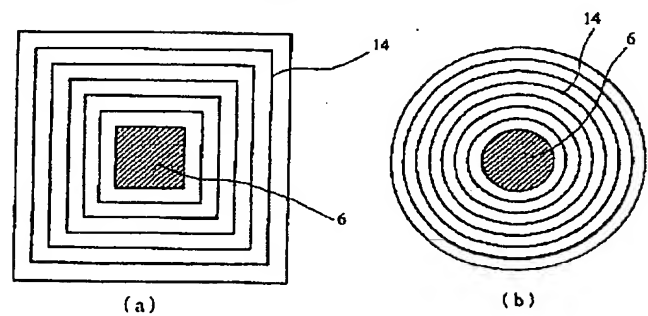
【図6】

図 6

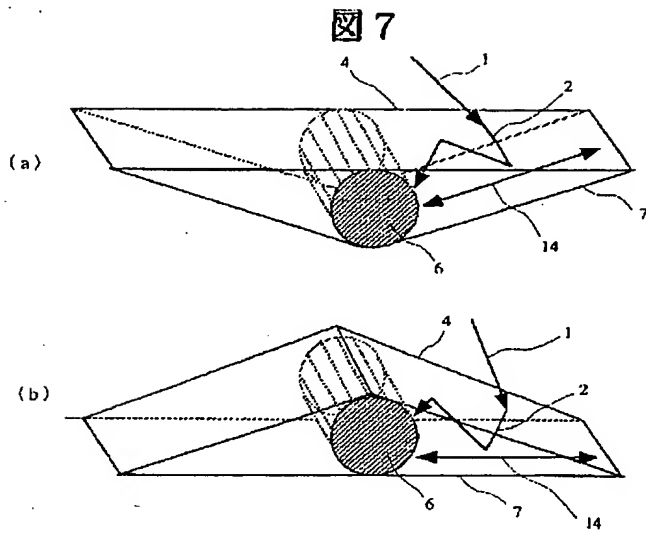


【図13】

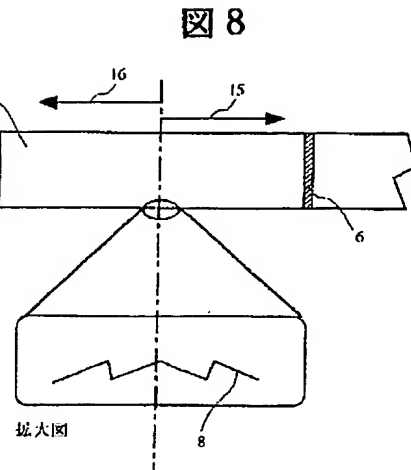
図 13



【図7】

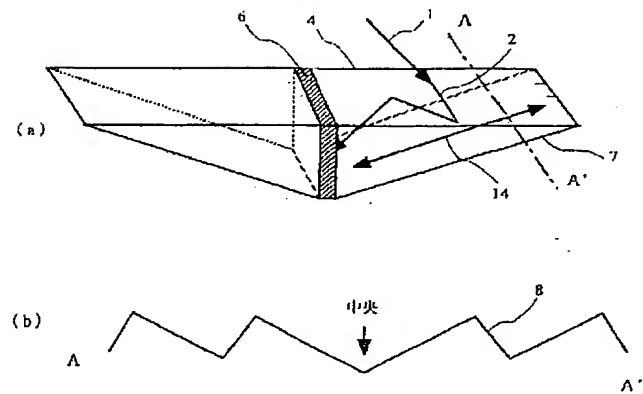
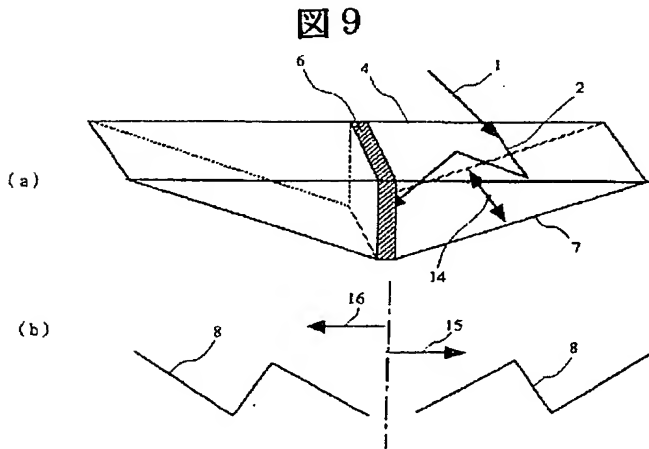


【図8】



【図10】

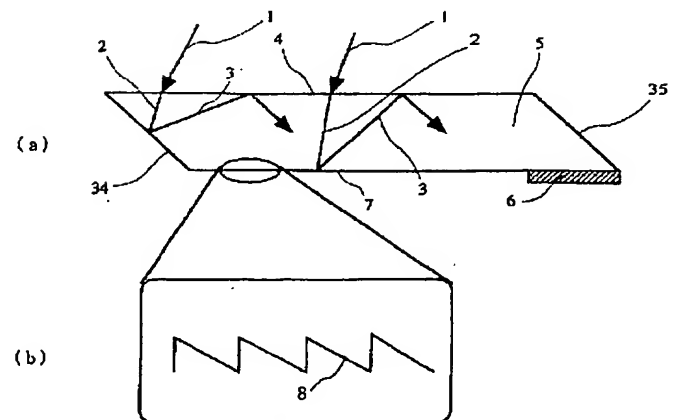
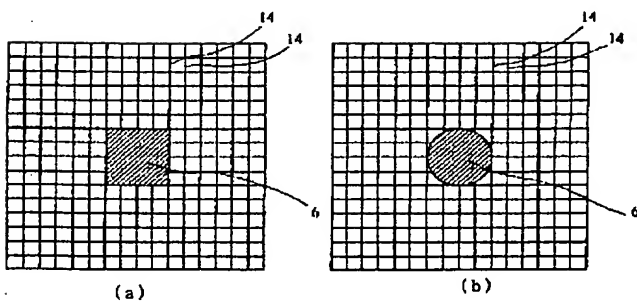
図10



【図17】

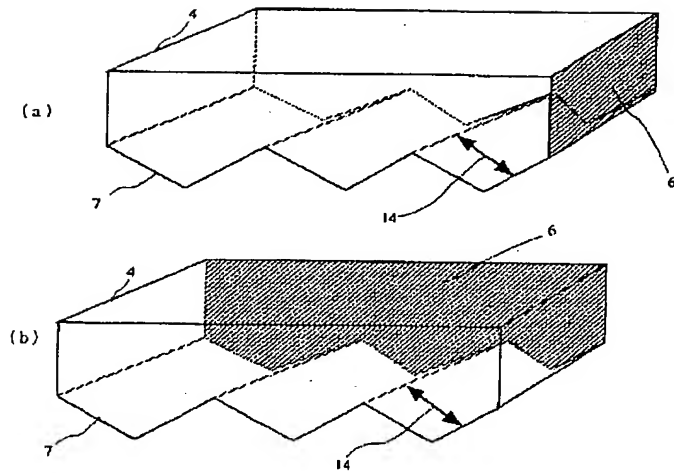
図17

図15



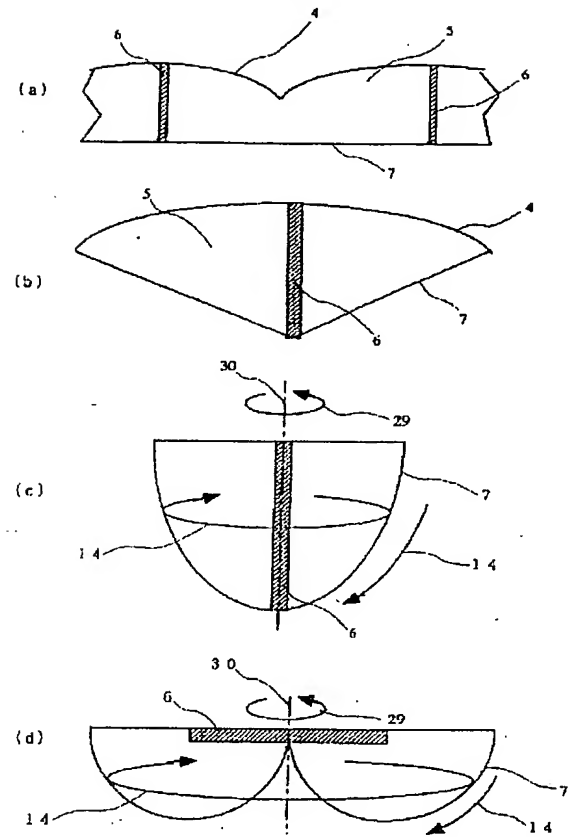
【図11】

図 11



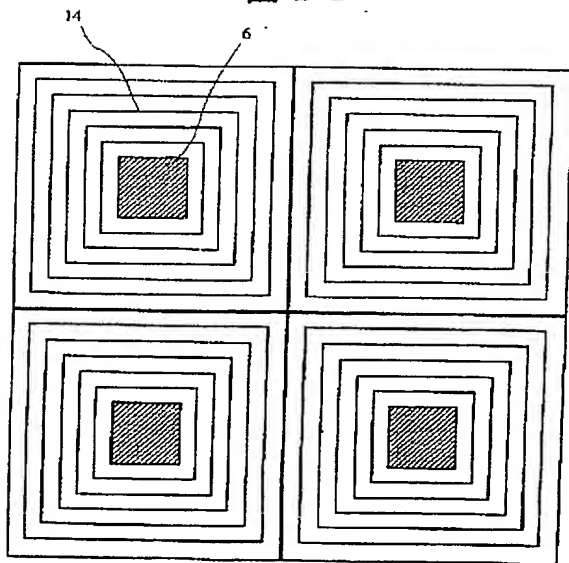
【図12】

図 12



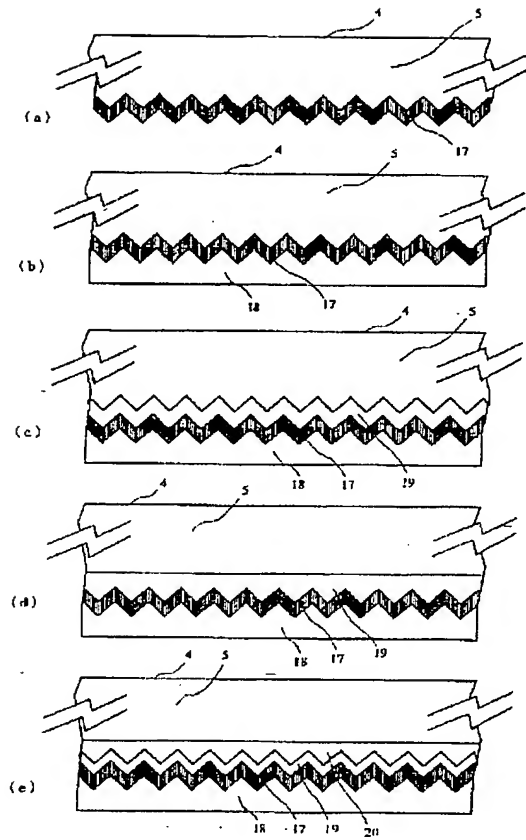
【図14】

図 14



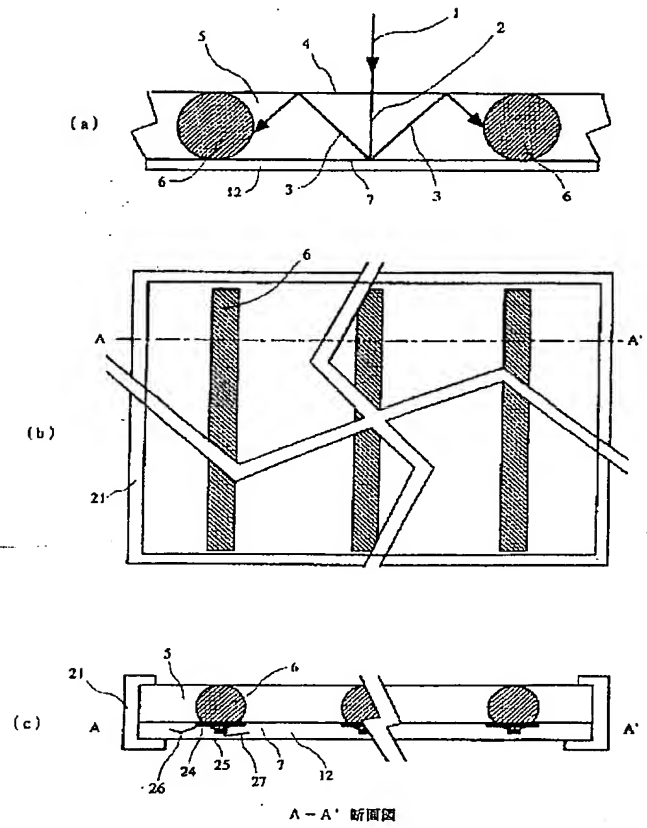
【図16】

図16



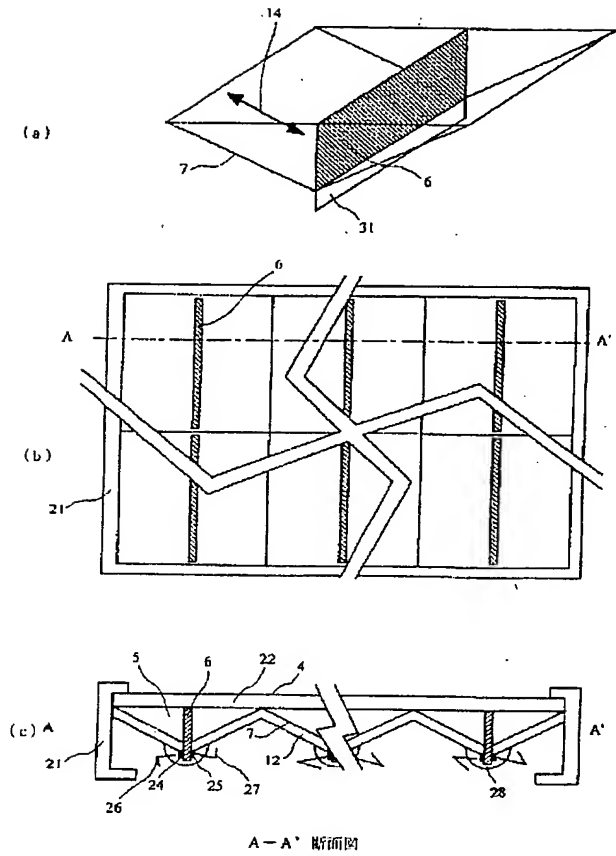
【図18】

図18



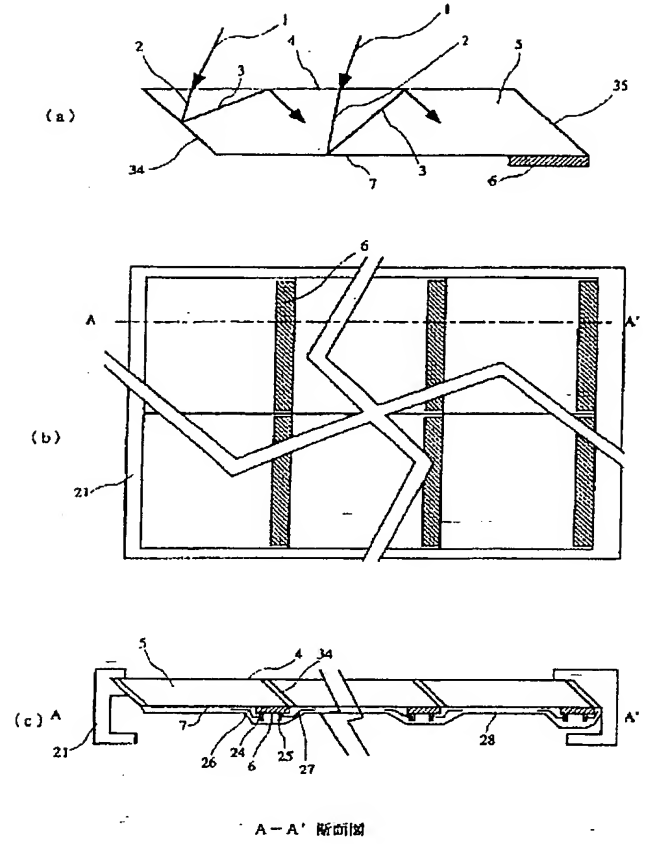
【図19】

図19



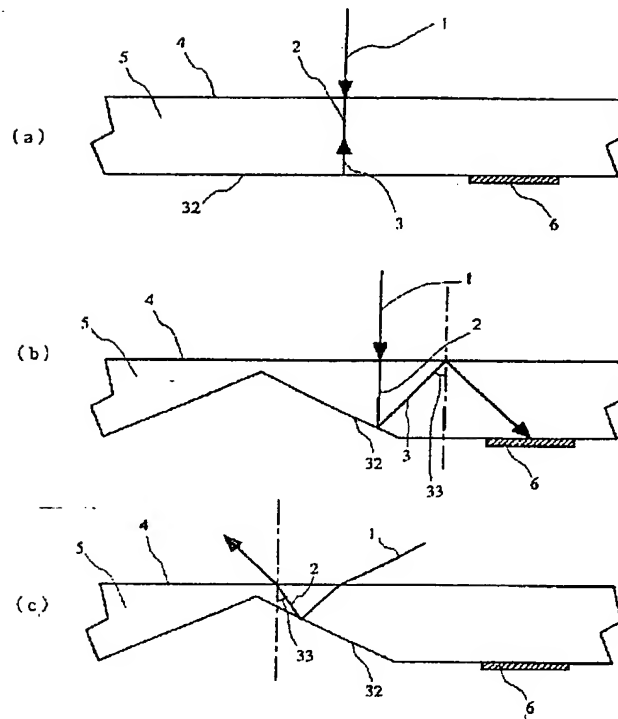
【図20】

図20



【図21】

図 21



【手続補正書】

【提出日】平成11年2月22日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項4】 請求項3に記載の集光型太陽光発電装置において、前記ブレード回折面が非対称なブレード角

を持つことを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】(4) 前記ブレード回折面が非対称なブレード角を持つ。

フロントページの続き

(72)発明者 矢澤 義昭
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 村松 信一
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 筒井 謙
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 大塚 寛之
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 峯邑 純子
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内